

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ  
ЗАЩИТНЫХ ОБОЛОЧЕК АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ  
ФОРМ «НЕПРАВИЛЬНОГО» ГЕКСАЭДРА**

*Романов Александр Вячеславович*

*Аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра механики композитов, Москва, Россия  
*E-mail: atomicra@rambler.ru*

*Настоящая статья посвящена разработке и совершенствованию методики численного моделирования конструкций преднапряженных стальных канатов и защитной оболочки с использованием функций форм конечного элемента (КЭ) «неправильной» призмы, гексаэдра, обеспечивающих в достаточной степени эффективную аппроксимацию объемной модели и улучшенную интерполяцию узловых усилий преднапрягаемых армоканатов, наряду с быстрым алгоритмом работы.*

*В статье представлены основные положения математического аппарата, составляющего основу метода, даны иллюстрации примеров интерполяции векторов сил, как для отдельных конечных элементов, так и всей модели в целом. Выполнен расчёт защитной оболочки применительно к проекту АЭС-2006 и сравнение результатов с использованием метода интерполяции функциями форм тетраэдра и функциями форм «неправильной» призмы, изложены основные предпосылки дальнейшего развития метода моделирования напрягаемых армоканатов учитывая более сложные физико-механические явления и реальное поведение конструкции контейнента.*

*Результатом изложенной методологии является созданный автором программный комплекс, позволяющий выполнять расчёт с моделированием системы преднапряжения защитной оболочки (СПЗО), учитывая произвольную пространственную трассировку армоканатов. Основная цель - оптимизация расположения армоканатов СПЗО, их мощности и параметров напряжённо-деформированного состояния (НДС) конструкции железобетонного контейнента, учитывая расчётные нагрузки и воздействия, регламентируемые современными нормами и требованиями безопасности, как в России, так и за рубежом.*

**Источники и литература**

- 1) О. Зенкевич, И. Чанг. Метод конечных элементов в теории сооружений и механике сплошных сред./Пер. с англ. О.Троицкого, С.Соловьева. - М.: «Недра». 1974. 240 с.
- 2) О. Зенкевич. Метод конечных элементов в технике. / Пер. с англ. Б. Е. Победри. — М.: Мир. 1975. 543 с.
- 3) Л.Сегерлинд. Применение метода конечных элементов. / Пер. с англ. А. А. Шестакова; Под ред. Б. Е. Победри. — М.: Мир. 1979. 395 с.
- 4) Ф. Леонгардт. Предварительно напряженный железобетон. / Пер. с нем. В. Н. Гаранина. — М.: Стройиздат. 1983. 246 с.
- 5) К. Бате, Е. Вилсон. Численные методы анализа и метод конечных элементов. / Пер. с англ. А. С. Алексеева и др.; Под ред. А. Ф. Смирнова. — М.: Стройиздат. 1982. 448 с.
- 6) Л. Турчак, П. Плотников. Основы численных методов: Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Физматлит, 2003. - 304 с.

- 7) Е.А. Никулин. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики. – СПб.: БХВ-Петербург. 2003. 560 с.
- 8) А.С. Киселев. Инструкция по эксплуатации экспертной системы оценки напряженного состояния защитной оболочки энергоблока № 1 Ростовской АЭС. ИБРАЭ 244 2007
- 9) А.С. Киселев. Особенности напряженного состояния защитной оболочки АЭС при проектной аварии. Пространственные конструкции зданий и сооружений. -М., Белгород: Изд. БелГТАСМ, 1996. - Вып. 8, с. 150-155.
- 10) В.П. Малявин. Оценка напряженно-деформированного состояния и уровня преднапряжения в железобетонных преднапряжённых защитных оболочках реакторных отделений на действующих энергоблоках АЭС с реактором ВВЭР-1000. Сборник трудов. Вып. 4 – М.: ФГУП АЭП, 2003. 184 с.
- 11) А.В. Романов. Численное моделирование системы преднапряжения защитных оболочек реакторных отделений атомных электростанций. – М., Научно-технический журнал: Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №1, 2010. С.49-53. ISSN 1681-6560.

#### **Слова благодарности**

за профессионализм организаторам мероприятия и создателям сайта. Очень удобно. Спасибо))

#### **Иллюстрации**

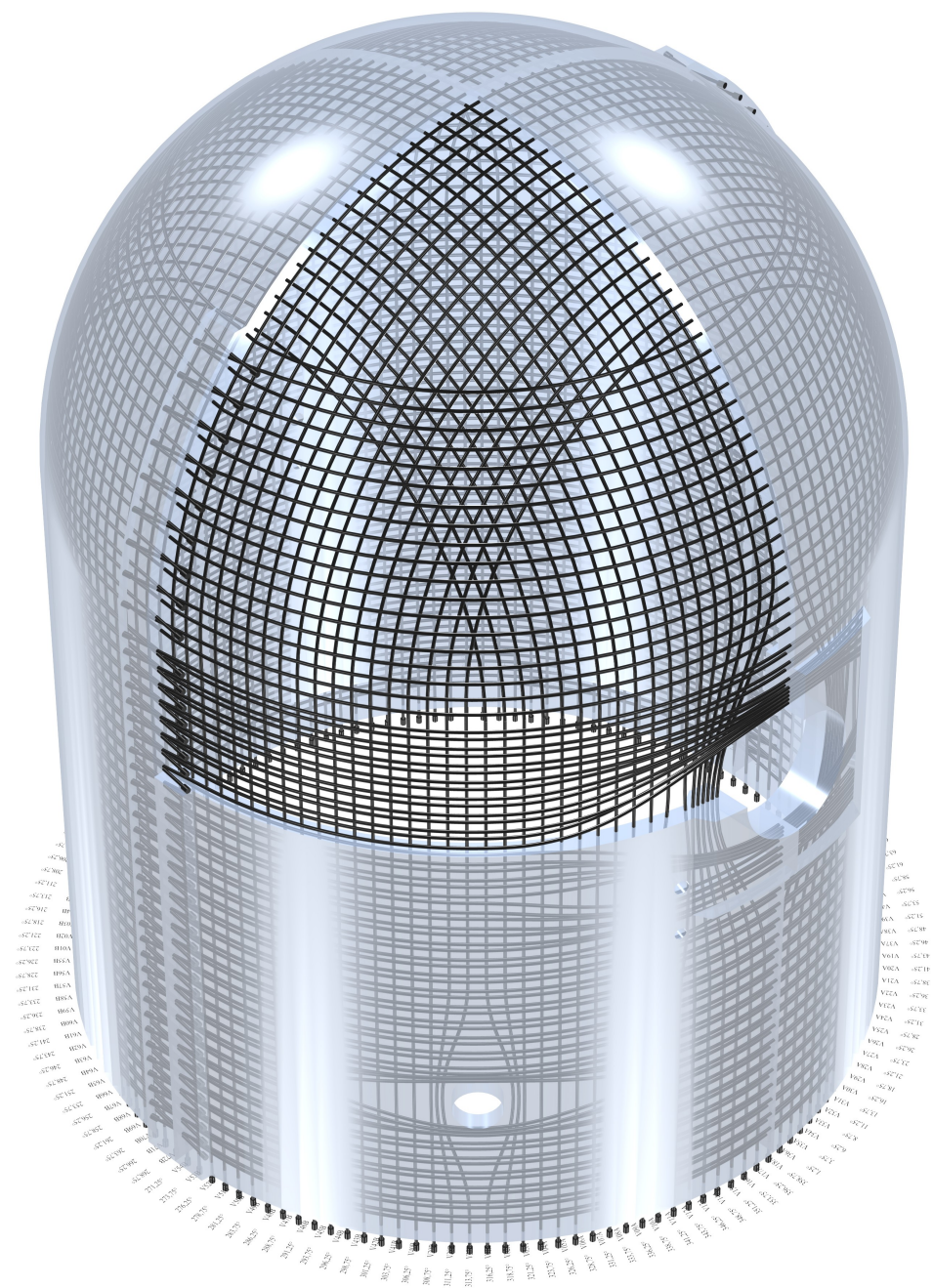


Рис. 1. 3D модель преднапряжённой железобетонной защитной оболочки АЭС



Рис. 2. АЭС "Куданкулам", Республика Индия

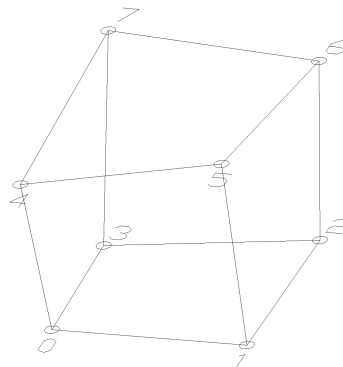


Рис. 3. Гексаэдр

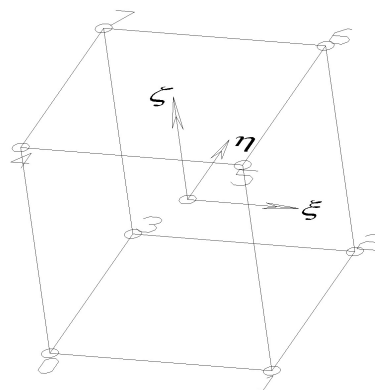


Рис. 4. Гексаэдр в нормализованной системе координат



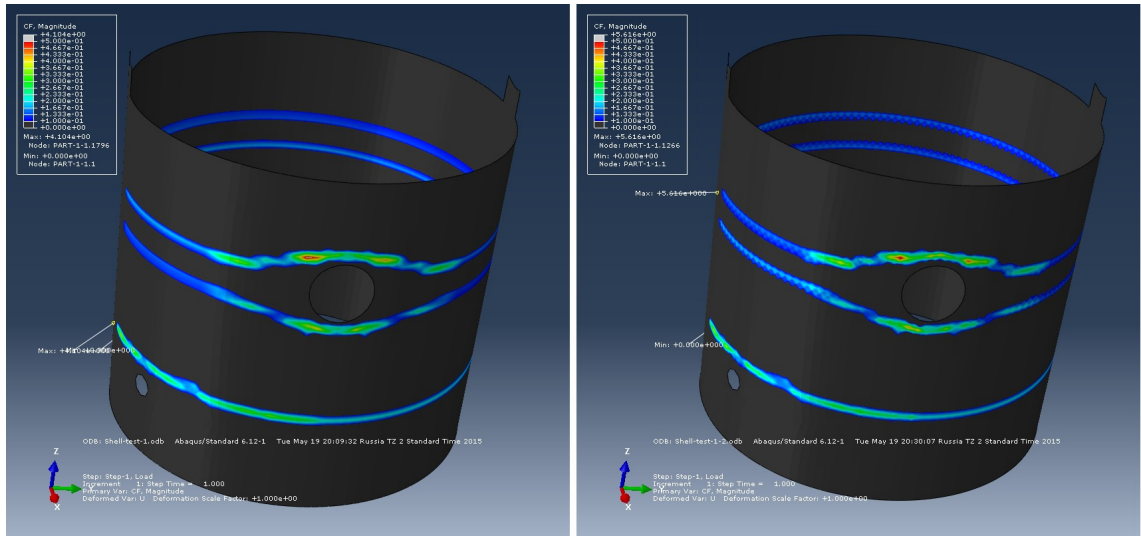


Рис. 5. Тестовая модель. Изополя распределения узловых сил от канатов на цилиндрической части оболочки

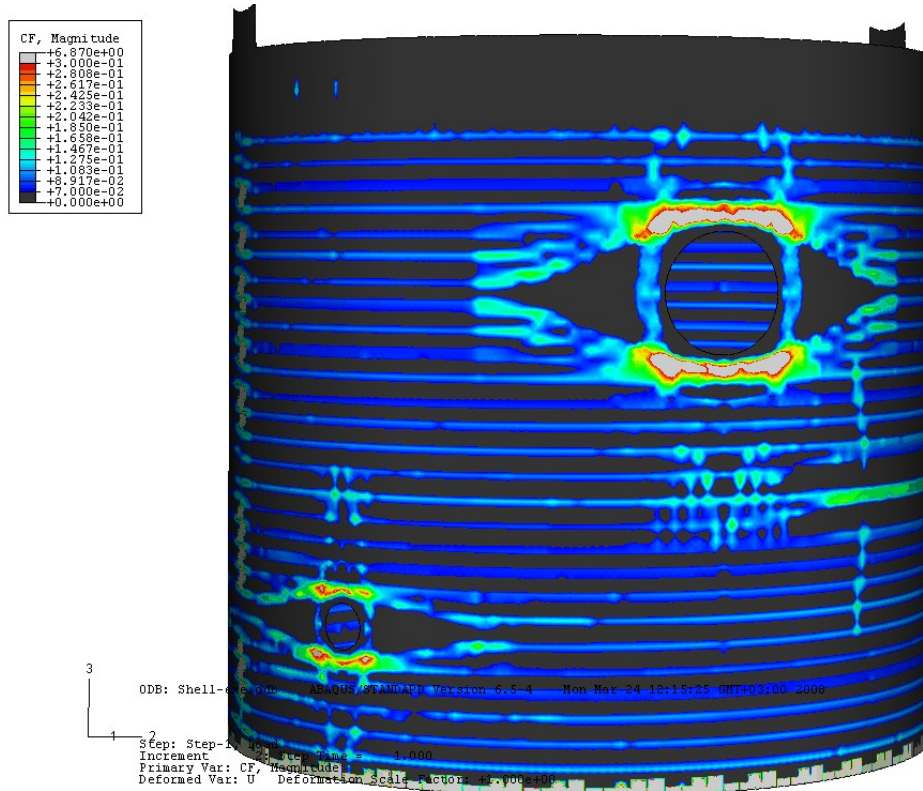


Рис. 6. Проектная модель. Изополя распределения узловых сил от канатов на цилиндрической части оболочки

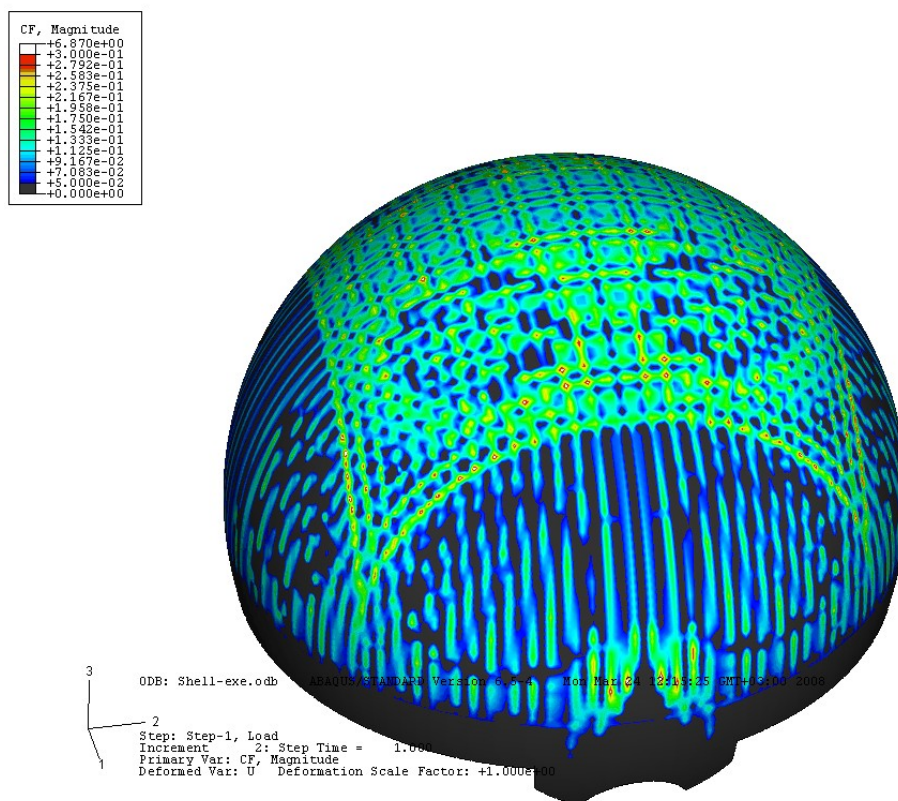


Рис. 7. Проектная модель. Изополя распределения узловых сил от канатов на сферической части оболочки